

神奇的 现代新材料

耿文范 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了近年来深受各界广泛关注且鲜为人知的典型新材料,有经济效益惊人的非晶态合金、磁力极强的钹铁硼、变形后能自动回复原形的形状记忆合金、能把大量氢气贮存起来又可随意释放的贮氢合金、能变得象面条一样柔软的超塑性合金、能减轻振动消除噪声的减振合金、能显示五颜六色的新型不锈钢,使你生活更美好的高分子、性能比钢还好的精密陶瓷,以及遨游太空不可缺少的复合材料。本书深入浅出地讲述了它们的特点、使用方法和应用效益,集趣味性 with 知识性于一体,是大、中学校师生和各行各业管理干部、科技人员,以及广大科技爱好者的良师益友。

神奇的现代新材料

耿文范 编著

*

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京通县向阳印刷厂印装

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 7.1 字数: 155千字

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数: 1~3500 定价: 4.00元

ISBN 7-80038-271-0/TB·14

序 言

新技术的开发往往取决于新材料的发展,因为任何工程技术都离不开材料、设计和制造工艺。也就是说,材料对时代文明和技术的进步起着决定性的作用,而在一个时代出现的新材料,又将支持和促进当时文明的发展和技术的进步。材料发展的历史大致可以划分为几个历史阶段,人类祖先开始使用天然材料(树木、石块、泥土、兽皮、兽角等)的远古时代,可以说是材料发展的初始阶段;而金属的发现并进一步由天然矿石冶炼成金属的时代,应该算是材料发展的第二阶段;第三阶段则是合金和塑料的人工合成时代。现代材料的发展,在于能够制造自然界不存在的人造材料,以满足人们对材料的各种各样的需求。新材料,顾名思义就是过去未曾有过的新型材料,它包括结构材料和以电子材料为中心的功能材料。现代新材料是航天、海洋、新能源、生物工程、以及信息领域有关的电子和机电等方面应用的主要材料。

为了满足现代尖端技术的苛刻要求,必须不断地开发新材料。例如在航天、能源和海洋开发等方面,需要超轻质、耐高温、耐腐蚀、超高强度、耐超高压、超电导,以及耐超低温等极限材料,也就是说需要适合在超特殊环境中使用的材料。许多新型功能材料的问世,大大促进了一系列新技术的迅猛发展。正如表 1 所示,可以预计,未来新材料的开发始终是与基础科学的发展密切联系在一起的。

从历史上来看,在产业革命以后的钢铁大量消费时代可以认为是第一次材料革命时期,第二次世界大战以后塑料的高度发展时期是第二次材料革命,当今我们正处于第三次材

表1 未来新材料的发展预测

基 础 科 学	年 代	新 材 料
反物质	2030	
黑洞的基础研究 (2030)		
中微子应用研究; 超微微粒子的发现 (2020)	2020	
超心理学的基础研 究,一般认识 (2010)	2010	受电等物理刺激时即行伸 缩的高强度(与钢同等)聚合 物 (2010)
爱因斯坦相对论的修正 (2005)		透明导电塑料,如同金属 材料那样的强韧性和传热性 的绝缘体,具有生物功能的 高分子材料 (2001~2005)
由海水中提取铀等有用 金属的工业化生产 (1996~2000)	2000	耐热1500℃的常用特殊高 强度钢;耐热1000℃的聚合 物,用于-100℃左右的超导 材料 (1996~2000)
C1化学的部分实用化 酵素人工合成 (1991~1995)		冲击强度极高的强韧性耐热 陶瓷,钛等高强度单晶板材 (1991~1995)
真空无重力工程的基 础实验 (1983~1990)	1990	高纯度材料,与钢铁强度 同等的不断裂纤维增强塑料 的开发;相当于聚酰亚胺强 度二倍的高强度纤维增强塑 料;转换效率高于20%的太 阳能电池材料 (1983~1990)

料革命的新时代。现代新材料主要包括新金属材料,精密陶瓷,功能高分子材料以及新型复合材料四个方面。本书就这四个方面的主要材料分别加以介绍,并侧重于新材料的实用性,我希望读者通过本书能对这些新材料有所认识,并能合理地选择和使用新材料,那么本书的目的就达到了。

在本书编撰过程中承蒙北京 44 中周建展老师的大力协助,从资料收集、整理,到内容选择以及文字润饰,都给予了很大的帮助。

耿文范
于北京钢铁研究总院

目 录

序言	(I)
第一章 非晶态合金	(1)
1-1 合金性能的飞跃	(1)
1-2 非晶态合金是怎样生产的	(2)
1-3 非晶态合金的应用效益惊人	(9)
1. 在变压器上的应用	(9)
2. 安全可靠的非晶漏电保安器	(12)
3. 开关电源	(13)
4. 新型传感器用的理想材料	(15)
5. 高性能长寿命的非晶磁头	(17)
6. 磁分离用的理想材料	(18)
7. 既价廉又好用的钎焊材料	(19)
8. 高效率的光能吸收和光电材料	(20)
9. 其它	(23)
第二章 新型永磁合金——钕铁硼	(25)
2-1 磁的发现	(25)
2-2 永磁材料的发展过程	(26)
2-3 廉价而性能最好的钕铁硼永磁合金	(29)
2-4 钕铁硼永磁合金是怎样生产的	(30)
1. 合金熔炼法	(30)
2. 还原扩散法	(30)
2-5 钕铁硼永磁合金的特性	(33)
2-6 应用现状与前景	(34)
1. 在汽车制造业中的应用	(36)

2. 永磁电机·····	(36)
3. 燃料油重整·····	(37)
4. 液体磁处理·····	(38)
5. 磁力分离和磁选·····	(40)
6. 空气磁分离制氧·····	(41)
第三章 神奇的形状记忆合金·····	(43)
3-1 会记忆形状的合金是怎样发现的·····	(43)
3-2 为什么会出现形状记忆效应·····	(44)
3-3 广泛实用的镍钛形状记忆合金·····	(45)
3-4 新兴的铜系形状记忆合金·····	(48)
3-5 前途远大的铁系形状记忆合金·····	(51)
3-6 胜似神话的应用实例·····	(53)
3-7 在医疗技术上的妙用·····	(64)
第四章 贮氢合金·····	(67)
4-1 前言·····	(67)
4-2 贮氢金属的贮氢原理·····	(69)
4-3 实用贮氢合金应该具备的特性·····	(70)
4-4 贮氢合金的种类·····	(71)
1. 镁系贮氢合金·····	(71)
2. 稀土系贮氢合金·····	(72)
3. 钛系贮氢合金·····	(73)
4. 铁系贮氢合金·····	(74)
4-5 贮氢合金的应用·····	(77)
1. 精制高纯度氢气和氢气的回收·····	(77)
2. 贮热致冷·····	(77)
3. 热泵·····	(78)
4. 动力变换装置·····	(79)

5. 燃氢汽车·····	(80)
6. 电池·····	(80)
7. 在作为催化剂等方面的应用·····	(81)
第五章 超塑性合金·····	(82)
5-1 前言·····	(82)
5-2 几例典型的超塑性合金·····	(82)
5-3 超塑性合金的应用·····	(91)
1. 超塑性加工·····	(91)
2. 超塑性固相接合与复合·····	(93)
3. 形状回复效应的利用·····	(94)
4. 作为减振材料的应用·····	(94)
第六章 减振合金·····	(96)
6-1 振动所带来的危害·····	(96)
6-2 减振合金的种类·····	(97)
6-2-1 合金系·····	(97)
1. 复相型·····	(97)
2. 铁磁性型·····	(100)
3. 位错型·····	(100)
4. 孪晶型·····	(100)
5. 晶间腐蚀法表面减振处理不锈钢·····	(101)
6-2-2 复合系·····	(101)
1. 束缚型·····	(102)
2. 非束缚型·····	(102)
6-3 减振合金的应用·····	(105)
1. 防止振动和降低噪声·····	(105)
2. 提高疲劳寿命·····	(107)
3. 在建筑业等方面·····	(108)

2. 核聚变发电	(131)
3. 磁流体发电	(132)
4. 超导储电	(133)
5. 超导变压器	(133)
6. 超导输电	(134)
7. 超导磁悬浮列车	(134)
8. 直流超导电机	(135)
9. 超导电磁推进船	(135)
10. 超导磁分离	(136)
11. 超导拉晶装置	(136)
8-5-2 科学仪器和电子元件	(137)
8-5-3 超导高速计算机	(138)
8-5-4 超导在医学方面的应用	(138)
第九章 新型陶瓷材料——精密陶瓷	(141)
9-1 什么是精密陶瓷	(141)
9-2 精密陶瓷的特性与用途	(144)
9-2-1 力学性能	(145)
9-2-2 热学性能	(146)
9-2-3 电学和磁学性能	(147)
9-2-4 光学性能	(148)
9-2-5 生物和化学性能	(149)
9-2-6 核性能	(150)
9-3 铁电和压电陶瓷	(150)
9-4 热释电陶瓷	(154)
9-5 透光性陶瓷	(154)
9-6 电容器陶瓷	(156)
9-7 半导体陶瓷	(156)

9-8	磁性陶瓷	(157)
9-9	导电性陶瓷	(158)
9-10	高韧性陶瓷和超塑性陶瓷	(159)
9-11	超硬质陶瓷	(160)
9-12	医用生物体陶瓷	(162)
第十章	新型高分子材料	(165)
10-1	前言	(165)
10-2	用途广泛的工程塑料	(166)
10-3	具有电功能的高分子材料	(169)
10-4	具有光功能的高分子材料	(172)
10-5	液晶聚合物	(173)
10-6	吸水性高分子材料	(175)
10-7	具有特殊功能的高分子膜	(177)
10-8	医用高分子材料	(180)
10-9	高分子纤维	(185)
第十一章	新型复合材料	(189)
11-1	前言	(189)
11-2	制造复合材料用什么样的纤维和基体	(191)
11-3	用途广泛的纤维增强树脂系复合材料(FRP)	(196)
11-4	混杂纤维增强塑料	(199)
11-5	碳纤维增强金属基复合材料	(200)
11-6	碳化硅增强金属基复合材料	(203)
11-7	硼纤维增强金属	(204)
11-8	金属纤维增强金属	(205)
11-9	碳纤维增强碳基复合材料	(205)
11-10	应用与效益	(207)

1. 在航空工业方面.....(207)
2. 在航天技术方面.....(209)
3. 在汽车工业方面.....(211)
4. 在造船业方面.....(212)
5. 在体育用品方面.....(213)
6. 在医疗方面.....(213)
7. 在其它方面.....(213)

第一章 非晶态合金

1-1 合金性能的飞跃

人类进入铜器时代之后便已开始研究金属材料的性质，以求更有效地利用它。3000 多年来，人类已经对很多种金属材料有了深刻的认识，对于金属材料的理解和应用也在不断地向更深更广的方向发展着。在科学技术发展的漫长历程中，人们曾经一直认为在固体状态下具有一定的结晶组织乃是金属材料的一个重要特征，也就是说，金属材料象水晶、冰糖一样，是由一个个结晶体组成的，只不过金属材料的结晶比较细小罢了。

直到本世纪 50 年代，人们从电镀的金属膜中发现了非晶态金属的存在。到 60 年代，当时在美国喷气推进研究所材料研究部从事金属材料研究工作的美国加州大学教授 P. Duwez，有一次把熔融的金硅合金液滴喷溅到铜板上，由于冷凝速度极高，液态合金来不及形成结晶就凝固了，结果获得了如同玻璃一样没有结晶组织的非晶态合金，所以也有人叫它金属玻璃——Metallic glasses，不过它并不是像玻璃那样透明的材料。

由熔融合金急冷制取非晶态合金获得成功之后，1970 年出现了连续急冷法，使许多种合金的非晶态薄带和丝材的制造成为可能，此后对非晶合金的基础研究和应用研究都获得了迅速发展，人们接连不断地发现非晶合金的超耐蚀性、高磁

导率、恒弹性、高强韧性、低的热膨胀系数、高的磁致伸缩等等许多优异的特性，这就是非晶态化使合金性能得到了飞跃的提高。因此，以美国和日本为首的许多国家都相继投入了很大的人力、物力开展了非晶态合金的研究工作。到70年代末期开始步入实用化阶段，80年代在许多领域中的应用已是硕果累累，经济效益十分显著。

1-2 非晶态合金是怎样生产的

50年代发现用低温真空镀膜法可由气相沉积得到非晶态金属膜，60年代发现熔化的液态金属通过激冷（冷却速度每秒约一百万摄氏度）可获得贵金属合金（金硅合金）非晶态化的方法，到70年代合金非晶态化技术得到了急速的发展，熔体急冷技术目前在世界许多国家都已用于非晶态合金生产上。金属材料的非晶态化，现已作为一门新兴的学科而取得了巩固的地位，已经成为很有前途的新材料开发领域。

液态金属或气态金属中的原子都是处于无序状态的，通过急冷方法使原子来不及排列整齐（形成结晶）就已固化，便可以获得没有结晶组织的非晶态合金。为了阻止合金形成结晶，也就是说为了帮助合金非晶态化，通常在非晶态合金中都要含有一定量的促进非晶态化的元素。70年代初，发现通过添加15~30原子%类金属硼、碳、硅、磷、硫、镓、锗、砷等元素（见表1-1）大大促进了非晶化过程，从而开发了一系列具有优异软磁性能、耐腐蚀性等独特性质的新材料。80年代初以非晶态电磁材料为中心开始获得应用，于是迎来了非晶态合金的实用化时代。

表 1-1 新金属材料在周期表中的分类

1
H

2
He

金属

超导

铁磁性

类金属

半导体

非金属

IA	IIA
3 Li	4 Be
11 Na	12 Mg
19 K	20 Ca
37 Rb	38 Sr
55 Cs	56 Ba
87 Fr	88 Ra

面心立方晶格

体心立方晶格

六方密排晶格

金刚石立方晶格

IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII	IB	IIB							
21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn					
39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd					
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	0
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

s-区

d-区

f-区

p-区

铜系元素
(稀土金属)

铜系元素

合金的非晶态化技术，以液体金属急冷法最为优越，70年代中期确立了合金熔体的单辊急冷法、双辊急冷法以及熔体离心浇铸法，其概念图如图 1-1、1-2、1-3 所示，均已获得工业应用。是将熔融合金通过石英喷嘴喷到高速旋转（线速度高于每秒 20 米）的冷却辊表面上，熔融合金遇冷立即凝固，从而获得非晶态合金。目前，用单辊法能够大量生产宽约 20 厘

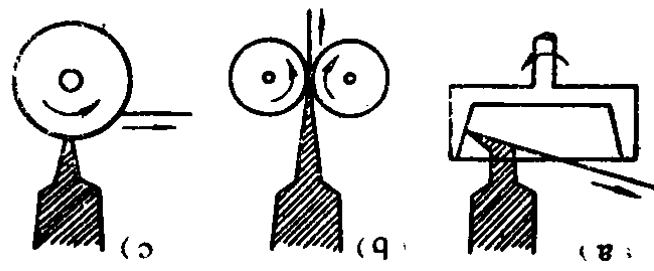


图 1-1 由金属熔体急冷法制造非晶态合金
(a) 熔体离心铸造法；(b) 双辊法；(c) 单辊法

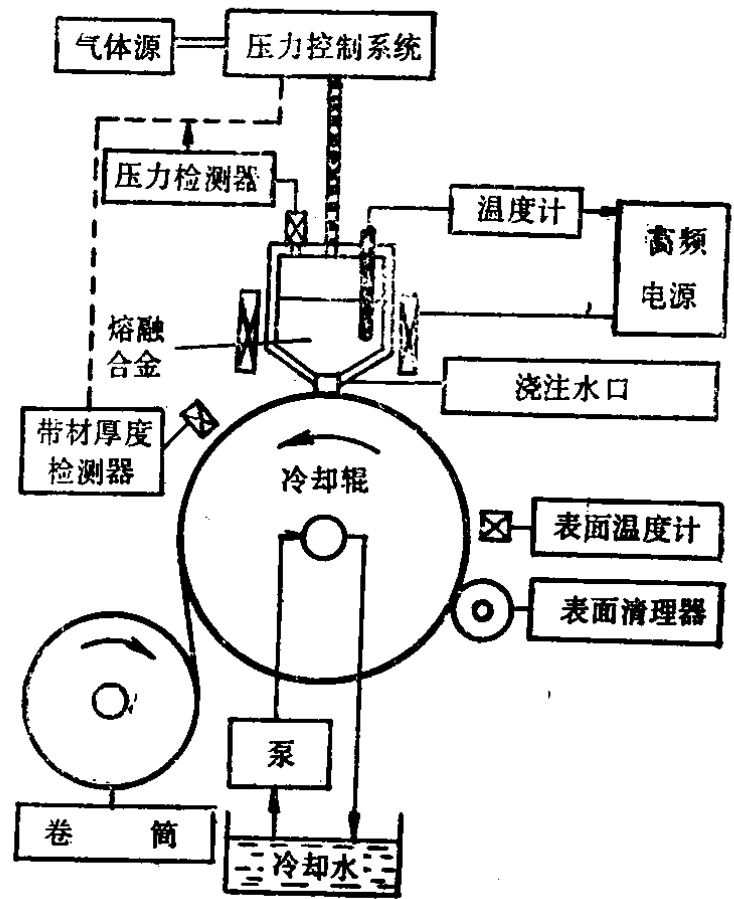


图 1-2 合金熔体通过单辊急冷生产非晶态合金的设备系统图

米、厚约 50 微米的非晶态合金条带。用双辊法制得的非晶态条带的均匀性较好，两个表面比较一致。1980 年成功地发明了水中旋转纺丝制取非晶态丝材的方法，如图 1-4，目前能够大量生产长达数千米的非晶态合金细丝（直径可达 0.2 毫米）。另外，还有许多种生产非晶态金属粉末的方法，能够生产粒径为数十至数百微米大小的球

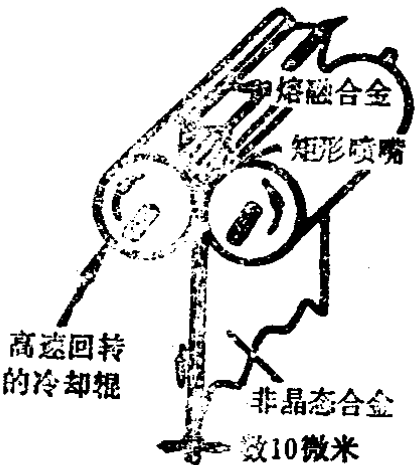


图 1-3 合金熔体通过双辊急冷生产非晶态合金薄板

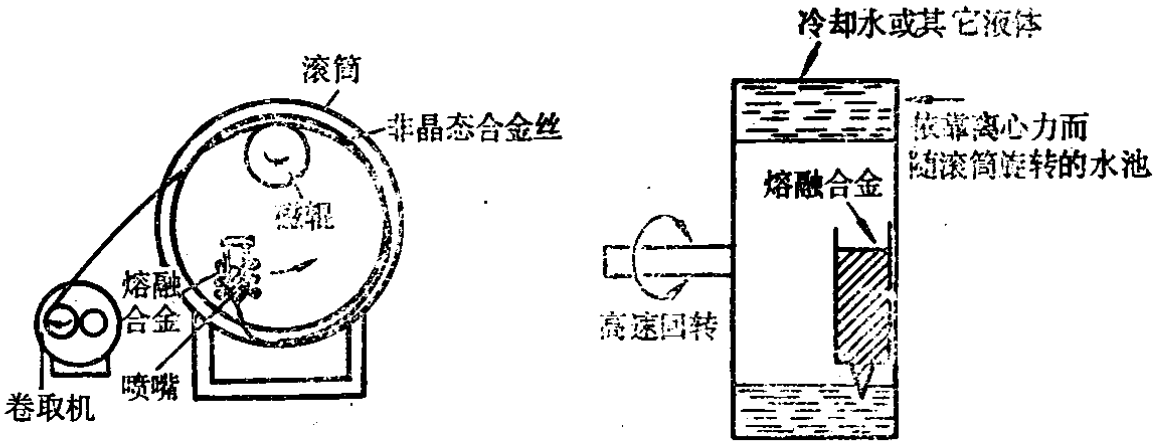


图 1-4 水中旋转纺丝法生产非晶态合金丝材的设备示意图

状和鳞状的非晶态金属粉末，图1-5即其中一种典型的雾化制粉方法。近年来，非晶态复合材料也取得了重大发展，图 1-6 即非晶态复合材料制取方法的概念图。采用这样的复合技术能够制造颗粒分散型非晶态金属基复合材料，它是把碳化物、氮化物之类坚硬的微细颗粒均匀地分散于金属熔体中，通过超快冷凝而使微细颗粒弥散在非晶态金属基体中，这样就能够制得具有多种功能的非晶复合材料。还能够将纤维材料夹